

三菱 KU30 ディーゼルコージェネレーション プラントの運転実績

Operation Result of Cogeneration Plant Using
Mitsubishi KU 30 Diesel Engine

横浜製作所 塩田 潔^{*1} 柿沼 隆^{*2}
日東紡績株式会社 浜田 一郎^{*3} 佐藤 守^{*4}
西戸 隆^{*5}

三菱重工業(株)が発電プラントを対象として開発した3500~5000 kWをカバーするKU30 ディーゼル機関は、産業界のコージェネレーションプラントの需要にこたえ、現在まで100台以上を納入している。本報は、KU30 ディーゼルコージェネレーションプラントの概況と、97%の高稼働率で連続運転を6年以上続けてきた日東紡績(株)福島工場での実例をとって、適確な日常及び計画的なメンテナンスにより、期待する経済的效果が得られていることを述べる。

More than 100 sets of the KU 30 diesel engine covering the range from 3500~5000 kW developed by Mitsubishi Heavy Industries, Ltd. for use in generator plants have been ordered meeting the demand for co-generation plants in various industries. This paper describes specific aspects of diesel co-generation and actual applications of the KU 30. It is also stressed that the expected economical merit have been realized in practice through periodical inspections and proper maintenance planning by referring to working plant in Fukushima Plant Nitto Boseki Co., Ltd. where the KU 30 plant has been operated for more than six years with continuous full load to achieve an operating availability of 97%.

1. ま え が き

ディーゼル発電プラントは、数年前までは離島の電力供給あるいは一部の電力多消費形工場で導入されていたが、一般の産業界では全般的に電力より蒸気の比率が高かったため、工場自家発には蒸気タービン発電が総合熱効率の面で有利であった。

しかし近年産業界の省エネ合理化活動によって、電力以上に蒸気消費量が減少してきており、蒸気タービンプラントに比べ回収蒸気量は少ない[0.5 t/(MW・h)]が発電熱効率が高い(40~50%)ディーゼル機関によるコージェネレーション発電プラントの需要が増加してきた。

三菱KU30 ディーゼル機関⁽¹⁾は、こうした産業界のすう勢に適合し、単機出力が3.5~5 MWと需要の多い範囲をカバーしていたこともあって、昭和61年6月に1号機を納入して以来、平成5年までに100台以上を納入してきた。本年はこの上の出力範囲6~9 MWをカバーするKU34機関を市場投入することになっている。KUシリーズの機関主要目を表1に示す。

本報では産業用ディーゼルコージェネレーションプラントの現況を述べるとともに、ディーゼル発電プラントを適確に運用していくための手法を含め、実例として昭和62年にKU30ディーゼ

ル機関による4950 kWのコージェネレーションプラントを設置し、6年以上の稼働実績を有する日東紡績(株)福島工場での運転実績を述べる。

2. ディーゼルコージェネレーションプラントの概要

2.1 ディーゼルコージェネレーションプラントの特長⁽²⁾

ディーゼルコージェネレーションプラントの特長は既報⁽²⁾を参照してもらい、項目だけ列記すると次のとおりである。

- (1) 発電比率が高い
- (2) C重油の使用が可能
- (3) プラント設置スペースが少ない
- (4) 納期が短い
- (5) 始動停止が容易

2.2 ディーゼルコージェネレーションプラントの使用実績

KU30 ディーゼル機関によるコージェネレーションプラントは平成5年12月現在、115台(ガスエンジン5台を含む)受注しており、そのうち65プラント101台が稼働中である。

稼働中のプラントの適用先業種、運用等の分類を次に示す。

- (1) 適用先業種分類 図1(a)に適用先業種を示す。特定業種に片寄らず、また蒸気比率の高い業種へも採用されていることが分かる。
- (2) 運用方法による分類 図1(b)に運用方法による分類を示す。連続常用とWSSにて77%を占めている。
- (3) 使用燃料による分類 図1(c)に使用燃料油による分類を示す。燃料油の入手難易、価格差、メンテナンス等も考え、A重油としているプラントも多い。
- (4) 熱回収方法による分類 図1(d)に熱回収方法による分類を示す。ほとんどのプラントが排気ガスボイラによる熱回収を行っているが、温水を回収しているプラントも多い。温水の利用先としては、工場プロセス、吸収冷凍機、給湯熱源等がある。

表1 三菱KUシリーズ機関主要目

Principal particulars of Mitsubishi KU type engines

機関名称	KU 30				KU 34			
シリンダ数	12	14	16	18	12	14	16	18
形 式	4 サイクル, トランクピストン, 水冷, V 型空気冷却器付過給ディーゼル機関							
シリンダ内径 ×行程 (mm)	300×380				340×400			
発電端出力 (kW)	3 750	4 350	5 000	5 650	5 800	6 800	7 750	8 750
機関回転数 (rpm) 60 Hz/50 Hz	720/750				720/750			

*1 原動機技術部プロジェクト主管

*4 福島工場施設課長

*2 原動機技術部プラント設計課主務

*5 福島工場施設課係長

*3 技術本部技術管理部長

3. KU 30 ディーゼルコージェネレーションプラントの運転実績

昭和 62 年 10 月 日東紡績(株)福島工場に 18 KU 30 ディーゼル機関による 4 950 kW コージェネレーションプラントが設置され、以来 6 年余りの稼働結果は予定どおりの経済効果を生み出している。

以下に、その設置概要、工場での取組体制、運転実績等について使用者側の立場で記述する。

3.1 自家発電設備の目的と成果

当工場は、3 基のガラス溶解炉を有し、FRP に代表される強化基材のガラス繊維と、プリント基板用高級ガラス繊維を生産しており、溶解炉及び繊維の生産工程では無停電である安定した電力の供給が要求され、コージェネレーションによる電力の安定供給と省エネ（省電力）を狙いとし、導入するに至った。

過去 6 年間の実績は、ガラス溶解炉工程を主とする電力の安定化により全停電がなくなり電源の信頼度が向上したこと及びエネルギーコストの面では、工場総使用電力量の中で自家発電の占める割合が 80 % を超え、買電単価と比較して 3 円引き下げることができた。

また、機関の排熱をボイラに導き蒸気を発生させており、これによる油の節減量は 7 360 k l (6 年間) となっている。さらに、冷却水を熱源として熱交換にて温水を造り、工場用地を利用し経営しているスポーツセンターへ 1 日 300 t 供給している。

当発電設備は、定期点検整備以外は 24 時間、フルロードで連

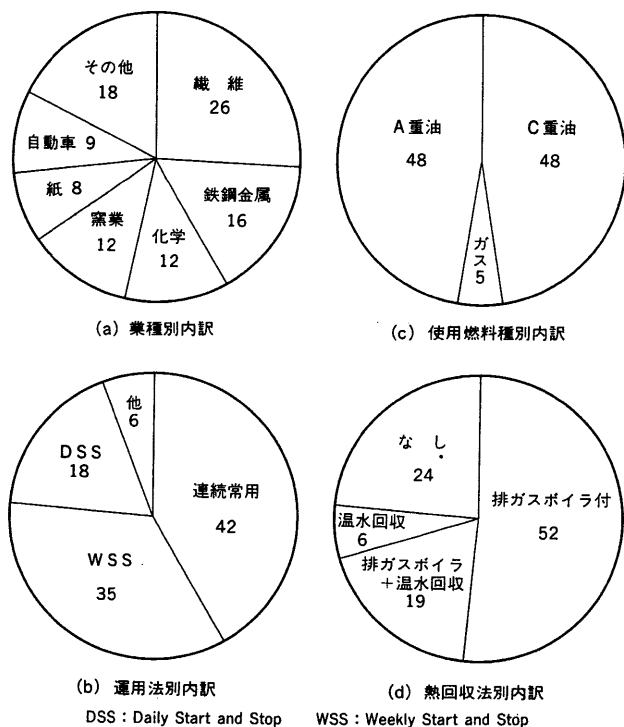


図 1 稼働中の機関内訳 (台数)
Supply record under operation

また特殊な例としては排気ガスを乾燥用に利用しているプラントもある。

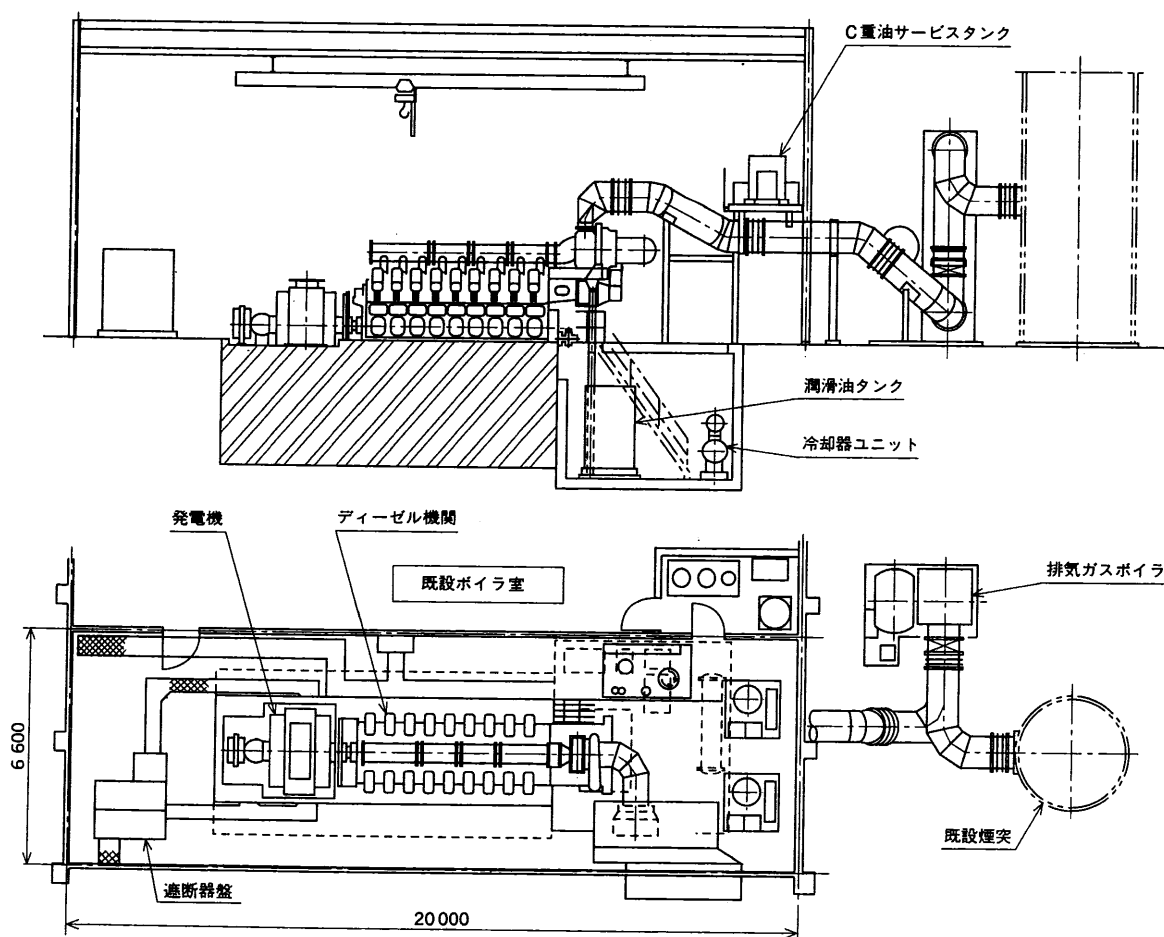


図 2 配置図
Plant arrangement

表2 主要機器の諸元
Specifications of main components

項目	仕様
ディーゼル機関	
形式	三菱 18 KU 30
出力×回転数	5 160 kW×750 rpm
燃料油	C 重油又は A 重油
発電機	
形式	回転界磁形三相交流同期発電機
容量	5 500 kVA (4 950 kW)
力率	90 %
電圧	3 300 V
排気ガスボイラ	
形式	強制循環式
容量	2 100 kg/h×11 kgf/cm ² G 飽和

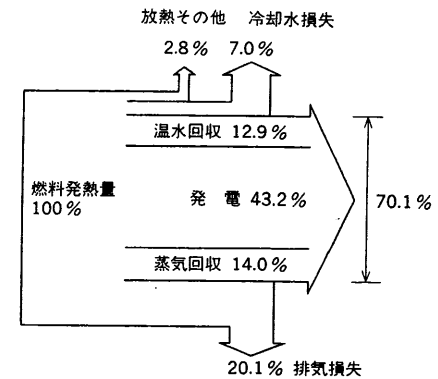


図4 プラント総合熱効率
Total heat efficiency of plant

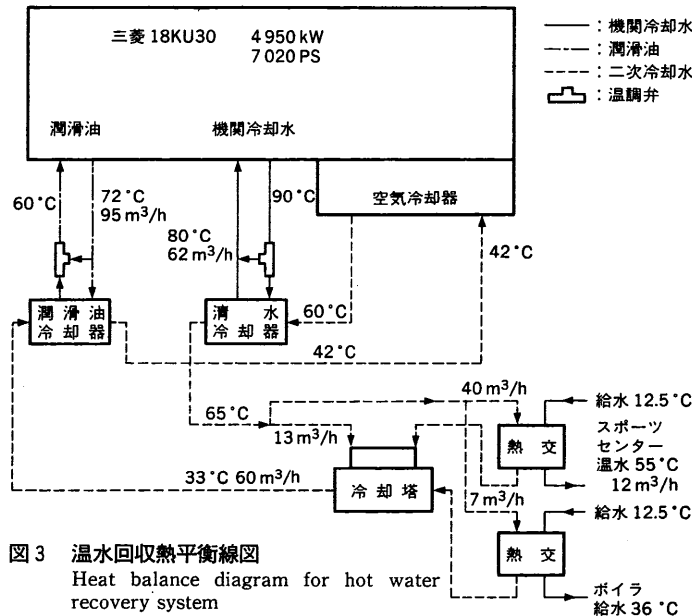


図3 温水回収熱平衡線図
Heat balance diagram for hot water recovery system

続運転されており、無事故連続運転の記録を更新中である。

このために日常の点検整備と計画的な定期点検整備を適確に実施するとともに異常の早期発見に努め積極的に改善改良を実施してきた。

3.2 設備概要

図2に全体配置、表2に主要目を示す。

運用の便を図るために既設ボイラ室に隣接して配置した。図3に温水回収熱平衡線図、図4にプラント総合熱効率を示す。排ガスエネルギーの回収は排ガスボイラで蒸気として回収し、冷却水エネルギーの回収は過給空気、潤滑油及び機関冷却水の二次冷却水エネルギーを温水として回収してスポーツセンターへの供給とボイラの給水加熱として利用し総合熱効率は70%になっている。

燃料についてはA重油、C重油いずれも使用可能であるが、当初A、C重油の価格差が少なく入手が容易だったこと、及びメンテナンスと環境を考え、低硫黄分のA重油を使用している。

3.3 運転体制

3.3.1 省力化

ディーゼル発電設備導入に当たって、人員を増加せず対処するために、既存設備の大幅な省力化を実施した。

省力化の推進方法は、施設課運転係でのパワーセンター外における作業時間と作業内容の調査を行い、無理無駄な作業の見直しを行い、省力化の方法として既設の電気設備、公害設備、水道設

備、ボイラ等に対して監視装置や自動調整装置を設置し自動化策をとった。

これによってパワーセンター外での作業時間が30%低減され、施設課において増員なしで発電設備運用の作業に振向けた。

3.3.2 管理体制と故障対策

導入初期には主に振動に起因するディーゼル機関の故障が発生したが、製造者による設計にさかのぼる対策、素早い対応による事故の再発と未然防止への取組みと協力及び、以下に述べる工場でのきめ細かい管理によって連続運転の記録が達成されたと考える。

- (1) 施設課全設備の管理、作業基準を見直し、標準化や、異常劣化判定基準を規定する等により設備管理、作業操作の基準、緊急異常時措置のアプローチが確立され、設備全体の信頼性、作業の安全性、供給の安定化が図られた。
- (2) 発電設備を最良の状態に維持するためには、日常保守点検が必要であり当初は、小さな異常も見逃さぬよう常時監視とパトロールを逐次行い、漏れやゆるみの早期発見に努めた。
- (3) 休日夜間等、課内の緊急連絡体制を明確にし、迅速に措置対応できる体制をとった。また、製造者とは、24時間緊急連絡体制をとり協力を得た。
- (4) 買電単価より安価な電力を得るために、いかに停止させることなく措置し継続運転するかを製造者も十分認識し、対策改善改良等は、迅速に水平展開を図りメンテナンス時に漏れなく対処した。
- (5) 事前のメンテナンス計画管理表・実施状況及び結果表を作成し、確実な信頼性のあるメンテナンスの管理が重要であり、このために部品の交換方法、整備手順の標準化を行うとともに、作業員には熟練者の採用をお願いした。メンテナンスに当たっては、特に緊密な連絡と、物流のスピードアップ対応を図ってきた。また、工場サイドから整備作業へ参加協力し（発電設備の補機、付属機器整備、養生、段取り等）、メンテナンスの効率アップを進めてきた。
- (6) シリンダカバーやガバナ等、循環予備品として所有すること、整備の効率と信頼性アップとなった。
- (7) 先取り先行した消耗部品の更新による事故の未然防止についても、積極的に進めてきた。
- (8) 徹底した故障分析とその対策を実施してきた。
- (9) 徹底した性能の維持管理を実施継続することを重点管理してきており、特にシリンダ内最高圧力と排気温度の最適値維持のために定期整備時には、季節の外気温度に応じた燃料噴射タイミングの適正化、過給機の保守による高効率維持により低燃費

表3 稼働状況概要

Summary of operation results	
試運転	昭和 62.9.25 開始
竣工営業運転	昭和 62.10.26 開始
稼働実績	期間 昭和 62.10～平成 5.9
総運転時間	50 542 h
総メンテナンス時間	1 544 h
発電稼働率	97.0 %
発電量	244 109 MW・h 79.86 %
買電量	61 575 MW・h 20.14 %
排気ガスボイラ蒸気量	92 895 t
スポーツセンター温水量	156 676 t
燃料使用量	55 937 k/ (0.2292 l/kW・h)
潤滑油使用量	480 k/ (0.00197 l/kW・h)
発電設備保険使用	0

表4 稼働状況推移

Operation results of each year

	昭和 63	平成 1	2	3	4	5 (9月まで)
運転時間 (h)	8 351	8 524	8 435	8 384	8 571	6 434
発電量 (MW・h)	39 922	40 680	41 514	40 869	42 765	31 884
平均出力 (kW)	4 781	4 772	4 922	4 875	4 989	4 956
蒸気量 (t)	14 868	16 226	15 751	15 732	17 211	—
蒸気量/発電量 [t/(MW・h)]	0.37	0.40	0.38	0.38	0.40	—
保守時間(含計画停止) (h)	322	236	221	308	213	118
故障時間 (h)	22	0	104	0	0	0

運転を図っている。

- (10) 潤滑油の管理は機関性能と部品消耗度の面で重要であり、清浄機等の補機付帯設備の保守にも留意している

3.4 運転状況

表3に昭和62年10月から平成5年9月までの6年間の稼働状況をまとめて示している。また表4には昭和63年から平成5年までの各一年ごとの稼働状況を示している。

図5には運転メンテナンスの状況を示す。

本発電設備は年3回（一般に2、6、10月）のメンテナンス期間を除くと24時間連続運転であり、6年間を通しての稼働率は97%に達している。年間約8500h運転されており、平均出力は平成元年までは96%程度、平成2年以降はほとんど100%に近い。

本設備からの蒸気量は約0.4 t/(MW・h)である。平成2年7月以降は計画、定期メンテナンス以外は無停止連続運転を継続中で平成5年9月時点で27500hになっている。

図6に年度ごとの買電単価と発電単価及び発電設備を導入することによる工場全体の電力単価、それに燃料油単価の推移を示す。

発電単価は燃料油価格に依存し変動するが、ディーゼル発電設備による発電単価は買電に比べて価格差のメリットは大きく本設備を導入することによって工場全体の電力単価は6年間平均して3円/(kW・h)下げることができた。

また、本設備からの蒸気、温水の利用を含めて導入計画時の期待どおりの経済効果を生み出した。

買電停電時の選択遮断により6年間の雷停電発生25件に対し工場全停電を免れることができた。

工場での管理は過去6年間のきめ細かい運用によってディーゼル発電設備の取り扱いに十分習熟し、機関排気管断熱材には工場で生産している高温、高強度、耐振動性に優れかつ耐久性取扱いが容易である特殊断熱材を独自に適用する等、種々な運転ノウハウを蓄積するまでに至った。

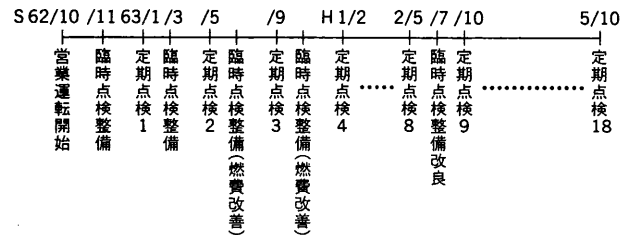


図5 運転メンテナンス記録
Operation and maintenance results

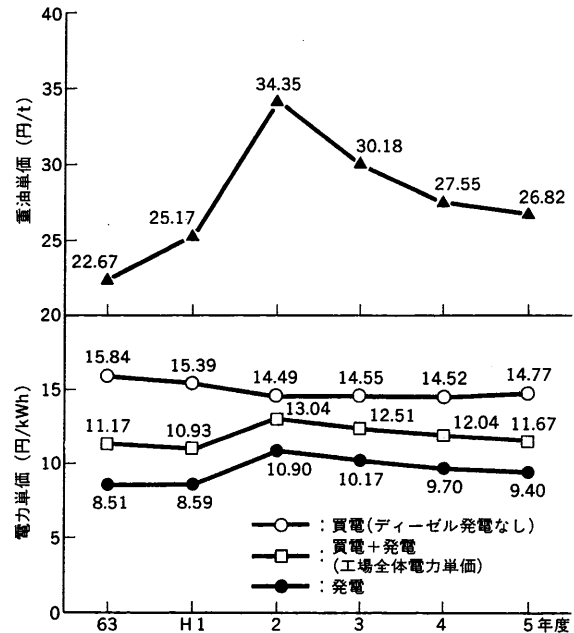


図6 買電と発電単価の推移
Chronicle tendency of cost in electricity utilized and domestically generated

4. あとがき

従来からディーゼル機関は蒸気タービンと比較して信頼性、保全性、公害対策等幾つかの点で問題との感じを使用者に与えている面がある。

しかながら、適確な日常及び計画的なメンテナンスを施行することにより発電主体のコージェネレーションプラントでは、その熱効率の高さ、設備投資の割安さ、短納期等の有利性による経済メリットを十分享受することが可能であることを述べた。三菱重工業(株)としても今後とも24時間バックアップ体制によるサービスを提供し、使用者の期待に答えていきたい⁽⁹⁾。

また、KU30の実績をベースに更に上の出力範囲6～9 MWをカバーするKU34の実機を本年初めに完成し、現在諸試験、耐久試験を実施中であり、十分な信頼性を確認の上、市場に投入し、ディーゼル発電プラントの幅広い需要に応じていく所存である。

参考文献

- (1) 恒屋ほか、三菱KU30形中速ディーゼル機関の開発、三菱重工技報 Vol.23 No.5 (1986) p.44
- (2) 塩田ほか、三菱KU30ディーゼルコージェネレーションプラント、三菱重工技報 Vol.26 No.4 (1989) p.293
- (3) 高石ほか、KU30機関異常診断システムの開発、三菱重工技報 Vol.30 No.1 (1993) p.45